

Reliability of near stereoacuity tests: Titmus, Randot, TNO, and Frisby

Fiabilidad de los test de estereopsis de cerca: Titmus, Randot, TNO y Frisby

E. Cirac¹, S. Jarabo^{1,S}, A. Sánchez-Cano^{1,2,S*}

1. Departamento de Física Aplicada. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

2. Instituto Investigación Sanitaria Aragón (IIS Aragón), Zaragoza, España.

(*) E-mail: anaisa@unizar.es

S: SEDOPTICA member

Received: 18/11/2005

Accepted: 30/05/2016

DOI: 10.7149/OPA.49.2.48590

ABSTRACT:

The purpose of this paper was to assess the reliability of four standard stereotests and evaluate them by means of their failure rates. Near stereoacuity in 200 healthy young volunteers (24±8 years), was measured with Titmus, Randot, TNO, and Frisby tests. The stereoacuity provided by these four tests were evaluated. Stereoacuity by the normal population, with a limit of 85% of the people, rises 70" with Randot and 120" with TNO independently of gender. Females achieve 80" with Titmus and 30" with Frisby and males reach 140" and 40" with Titmus and Frisby respectively. Failure rates lower than 10% were obtained by all the tests. This study finds differences among stereoacuity measured with different tests and recommends performing, at least, two types of test to evaluate each person.

Key words: Stereopsis, stereoacuity, binocular vision, Frisby, Titmus, Randot, TNO

RESUMEN:

La finalidad de este trabajo ha sido valorar la fiabilidad de cuatro test de estereopsis y evaluarlos por medio de sus tasas de fallo. Se midió la estereogudeza en visión próxima de 200 jóvenes voluntarios sanos (24±8 años), con los test Titmus, Randot, TNO y Frisby. Se evaluó la estereopsis proporcionada por estos cuatro test. La estereogudeza en una población normal, con un límite del 85% alcanza 70" con Randot y 120" con TNO independientemente del género del sujeto. Las mujeres alcanzan 80" con Titmus y 30" con Frisby y los hombres 140" y 40" con Titmus y Frisby respectivamente. Se obtuvieron tasas de error menores del 10% en todos los test. Este estudio muestra diferencias entre la estereogudeza medida con distintos test y se recomienda, realizar dos tipos de test para evaluar a cada sujeto.

Palabras clave: Estereopsis, estereogudeza, visión binocular, Frisby, Titmus, Randot, TNO

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] B. Evans, *Pickwell's. Binocular Vision Anomalies*. Butterworth-Heinemann Elsevier: Edinburgh, UK; (2007).
- [2] G.K. von Noorden, E.C. Campos, *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and Management of Strabismus*, Mosby Inc.: St. Louis, MO, USA; (2002).
- [3] S.Y. Lee, N.K. Koo, "Change of stereoacuity with aging in normal eyes", *Korean J Ophthalmol* **19**, 136-139 (2005).
<http://dx.doi.org/10.3341/kjo.2005.19.2.136>
- [4] L. Garnham, J.J. Sloper, "Effect of age on adult stereoacuity as measured by different types of stereotest", *Br J Ophthalmol* **90**, 91-95 (2006).
<http://dx.doi.org/10.1136/bjo.2005.077719>

- [5] I. Bohr, J.C.A. Read, "Stereoacuity with frisby and revised FD2 stereo tests". *PLoS ONE* **8**, e82999 (2013).
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0082999>
- [6] J. Ohlsson, G. Villarreal, M. Abrahamsson, H. Cavazos, A. Sjöström, J. Sjöstrand, "Screening merits of the lang II, frisby, randot, titmus, and TNO stereo tests", *Journal of AAPOS* **5**, 316-322 (2001).
<http://dx.doi.org/10.1067/mpa.2001.118669>
- [7] P.M. Anketell, K.J. Saunders, J. Little, "Stereoacuity norms for school-age children using the Frisby stereotest", *Journal of AAPOS* **17**, 582-587 (2013).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaapos.2013.08.012>
- [8] H. Momeni-Moghadam, J. Kundart, M. Ehsani, K. Gholami, "The Comparison of Stereopsis with TNO and Titmus Tests in Symptomatic and Asymptomatic University Students", *Journal of Behavioral Optometry* **23**, 35-39 (2011).
- [9] P. Adler, A.J. Scally, B.T. Barrett, "Test-retest variability of Randot stereoacuity measures gathered in an unselected sample of UK primary school children", *Br J Ophthalmol* **96**, 656-661 (2012).
<http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-300729>
- [10] W.E. Adams, D.A. Leske, S.R. Hatt, J.M. Holmes, "Defining Real Change in Measures of Stereoacuity", *Ophthalmology* **116**, 281-285 (2009).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.09.012>
- [11] B.J. Young, H. Sueke, J.M. Wylie, S.B. Kaye, "Contribution of a real depth distance stereoacuity test to clinical management", *J Ophthalmol* 2009, 343827 (2009).
<http://dx.doi.org/10.1155/2009/343827>
- [12] L.L.A. van Doorn, B.J.W. Evans, D.F. Edgar, M.F. Fortuin, "Manufacturer changes lead to clinically important differences between two editions of the TNO stereotest", *Ophthalmic Physiol Opt* **34**, 243-249 (2014).
<http://dx.doi.org/10.1111/opo.12101>
- [13] G. Heron, S. Dholakia, S.E. Collins, H. McLaughlan, "Stereoscopic threshold in children and adults", *Am J Optom Physiol Opt* **62**, 505-515 (1985).
<http://dx.doi.org/10.1097/00006324-198508000-00003>
- [14] J. Rosner, G.D. Clift, "The validity of the Frisby stereotest as a measure of precise stereoacuity", *J Am Optom Assoc* **55**, 505-506 (1984).

1. Introducción

La estereopsis es la capacidad de percibir visualmente la profundidad de campo a partir de la disparidad binocular, es decir, de la disparidad de las imágenes formadas en las retinas de ambos ojos [1]. Los test de estereopsis indican el valor de la agudeza visual estereoscópica o estereoagudeza que posee el sujeto y se basan en que los dos ojos permanecen disociados y en que cada una de las figuras que forman el test contiene elementos que se proyectan en áreas retinianas correspondientes. En los test con imágenes vectográficas (Titmus y Randot) cada uno de los ojos ve de forma separada una misma tarjeta aunque existen pistas monoculares que pueden indicar estereoagudeza incluso en observadores que no la tienen. Otro tipo de test, el TNO, está formado por diversos estereogramas en los cuales se superponen imágenes de un mismo objeto impresas con colores complementarios (anaglifos) [2]. Para llevar a cabo los test de Titmus, Randot y TNO es necesario llevar puestas unas gafas polarizadas o unas rojo-verde. En ocasiones, los sujetos pueden estar incómodos con dichas gafas y en estos casos se recomienda utilizar el test de Frisby. Con este test no es necesario portar gafas especiales para identificar los círculos estereoscópicos ya que están impresos sobre las dos caras opuestas de una misma lámina proporcionando imágenes separadas para cada ojo.

Los test de estereopsis se han usado ampliamente para la detección y seguimiento del estrabismo, ambliopía y anisometropía. Los oftalmólogos y los ópticos-optometristas usan los test de estereopsis para determinar si personas que tienen desviaciones pequeñas o intermitentes han desarrollado supresión foveal. Se han evaluado diversos test de estereopsis, en trabajos previos se ha descrito el valor umbral de cada test (principalmente en niños) y se ha documentado la dependencia de la estereopsis con la edad en ojos sanos [3-5]. Es importante establecer un consenso en el rango y los límites de normalidad de la estereoagudeza de cada test en una muestra de población real. Como otros autores realizaron, en este trabajo se pretende evaluar la estereoagudeza de una población no seleccionada [5], no se ha elegido una

población normal definida como tal por la ausencia de patología ocular. En este estudio se ha medido la estereoagudeza de los participantes portando su corrección óptica habitual y todos ellos se calificaron a sí mismos como sanos, sin patologías que pudieran modificar su percepción de profundidad. No obstante, en todos los casos fueron comprobadas la motilidad extraocular, la percepción simultánea y la fusión. Aunque no se realizó la refracción, se valoró la agudeza visual para asegurar un valor mínimo de 0,8, tanto monocular como binocular.

Otros autores han evaluado la respuesta de sujetos normales a varios test de estereopsis. Está descrito un amplio rango de respuestas en personas completamente normales, lo que lleva a la pregunta sobre qué nivel de estereopsis refleja la normalidad y su dependencia con la edad [3-5]. Parece una tarea difícil el identificar un valor de corte para separar la normalidad de la anomalía en cuanto a visión estereoscópica [6]. Previamente se encontraron valores de estereoagudeza significativamente mejores con el test de Frisby que con el TNO en los estudiantes entre 6 y 16 años y la correlación entre ambos test parece ser débil [7]. Por otra parte, en un grupo de estudiantes de 20 años se detectaron sujetos sintomáticos con el test TNO a partir del umbral de 90" mientras que con el test Titmus este umbral subió a 45" [8]. Además, la estereoagudeza media con el test de Frisby en una población de 300 participantes "visualmente maduros" de entre 11 y 49 años fue de 20", solamente el 1% de los participantes no mostró estereopsis y no se encontraron diferencias entre hombres y mujeres [5]. En relación a la repetibilidad, un grupo de niños de entre 4 y 12 años mostraron estereoagudeza anómala en una evaluación inicial con el test de Randot y mostraron resultados normales tras repetir el test [9] mientras que el test de Frisby en visión próxima mostró 1.74" como intervalo de confianza al 95% [10].

La comparación de los resultados de este estudio con trabajos previos está limitada porque es más fácil encontrar estudios en edad pediátrica que en adultos jóvenes y los valores medios y los límites de normalidad de cada test se deben analizar como dos magnitudes diferentes. Bohr et al. [5] estudió una población de 300 personas de 27 años de edad y encontró un valor de estereopsis de 20" con el test de Frisby. Este valor coincide con los publicados por Garnham et al. [4] que describió la población normal con un valor de 20" (rango 20"-55") en 17 personas de 17 a 29 años de edad pero nuestros resultados indican que sólo el 75% de las mujeres pueden alcanzar este valor de estereoagudeza. Young et al. [11] encontró un valor medio de 60" (rango 20"-170") en una población de 50 sujetos jóvenes sanos de edad 38±12 años. Lee et al. [3] publicó un valor de 29±9.3" con Randot realizado en 5 hombres y 5 mujeres de 25.6 años de edad, nuestros resultados en 200 personas incrementan este valor a, al menos, 70" con este test en el 85% de la gente normal. El test TNO parece ser el más riguroso con un valor normal de 60" y un rango que va desde 15" a 240" [4] o 49±26.3" [3] pero nuestros resultados muestran que sólo el 75% de la población estudiada, independientemente del género, alcanza 60". A pesar de esto, se ha descrito que el nivel de estereoagudeza depende de la edición del test realizado [12]. Independientemente de esta variación, van Doorn et al. [12] describió valores medios desde 30" a 60" coincidiendo con Rosner and Clift (n=20) y con Heron et al. (n=51) [13,14] pero nuestros cortes de normalidad del 85% y del 95% establecen que los sujetos pueden alcanzar aproximadamente 120" y 240" respectivamente. En relación al test de Titmus, el valor medio de 40", rango 40"-60", [4] y de 41±3" [3] se han descrito previamente pero estos valores tan restrictivos están lejos de los que nosotros hemos encontrado en este estudio.

Los umbrales pasa-no pasa establecidos en trabajos previos y por los manuales de usuario de cada test indican que en niños los límites están en 100" con Titmus, 70" con Randot, 300" con Frisby y 240" con TNO [6] pero nuestros resultados indican que estos valores se deberían modificar en adultos y evaluarse por sexos. La principal limitación de los valores normales publicados previamente y considerados tradicionalmente como normales está en el número de sujetos involucrados en estos estudios. Se deberían evaluar poblaciones con un número mayor de personas para establecer estos valores de referencia en cada test y determinar cuáles se pueden considerar como fuera de los límites de normalidad.

El objetivo de este estudio es comprobar si alguno de los cuatro test es mejor que los restantes para valorar la estereoagudeza de adultos jóvenes y, además, cómo reducir los porcentajes de falsos positivos y de falsos negativos mediante la combinación de varios test. Basándonos en los resultados obtenidos, sugerimos un procedimiento robusto para la evaluación de la estereoagudeza empleando, como mucho, dos de estos test. Hasta nuestro conocimiento, este es el único trabajo riguroso de comparación de los cuatro test antes mencionados en una población adulta. Finalmente, hay que indicar que este estudio formó parte del Trabajo Fin de Grado realizado por una estudiante del último curso del Grado en Óptica y Optometría en la Universidad de Zaragoza.

2. Método y resultados

Este estudio se realizó con voluntarios sanos que fueron seleccionados de forma aleatoria entre los estudiantes y la plantilla de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza (España). Se evaluaron 200 personas adultas de raza Caucásica con edades comprendidas entre los 16 y los 56 años (aunque solamente 14 de ellos fueron mayores de 38 años) con una edad media de 24 (± 8) años. La muestra estaba formada por 90 hombres (95%) con edades en el rango desde 18 a 56 años y una edad media de 24 (± 7) años y 110 mujeres (55%) con edades entre 16 y 54 años y una edad media de 24 (± 8) años. Todas las personas se calificaron a sí mismas como sanas. Este estudio se realizó de acuerdo a los principios de la Declaración de Helsinki.

Para decidir qué sujetos debían ser excluidos en el estudio, a todos ellos se les realizó un examen optométrico incluyendo agudeza visual, motilidad extraocular, percepción simultánea y fusión. Como criterio de inclusión, se exigió una agudeza visual monocular y binocular en visión próxima mayor de 0.8 Snellen con su corrección. Los sujetos presbíteros portaron su prescripción con la adición correspondiente.

Cada sujeto fue evaluado con los cuatro test de estereopsis usando la misma secuencia: Titmus (Stereo Fly, Stereo Optical, Chicago, IL, USA), Randot (Randot Stereotest, Stereo Optical, Chicago, IL, USA), TNO (Laméris Ootech BV, Nieuwegein, The Netherlands) y Frisby (Frisby Stereotest, Sheffield, UK), siguiendo las instrucciones de uso proporcionadas por sus respectivos fabricantes. Los test de Titmus, Randot y TNO se realizaron con las gafas polarizadas o las rojo-verde y la distancia de examen perfectamente ajustada. El mismo optometrista experimentado realizó la medida de la estereopsis con los cuatro test. Cada sujeto fue evaluado siempre con su defecto refractivo corregido. El resultado final de la medida de estereopsis fue la menor disparidad que el participante podía distinguir. En caso de duda, se repitió el test.

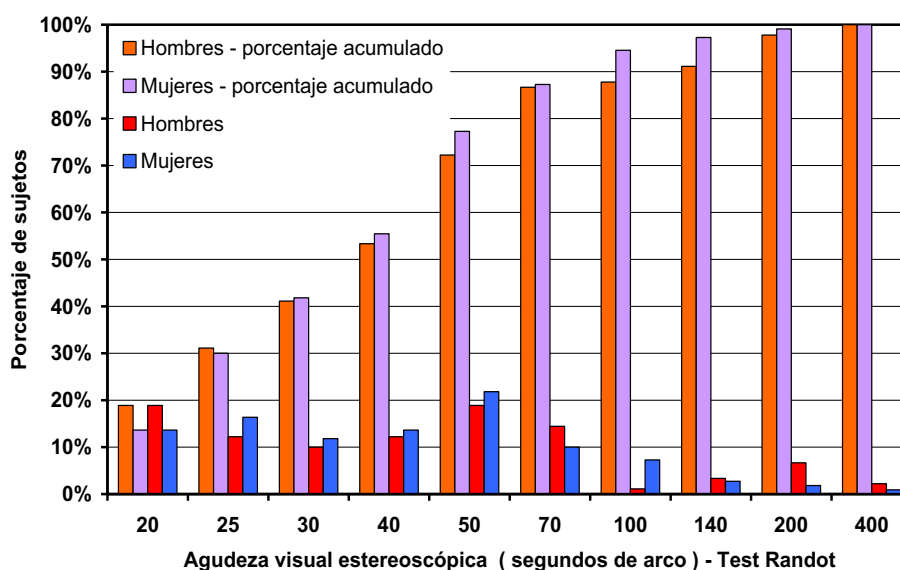


Figura 1. Distribución estadística y acumulativa de los valores de agudeza visual estereoscópica obtenida con el test Randot en función del sexo.

Los valores de estereoagudeza medidos para hombres y mujeres con los test de Randot y TNO se muestran en las Figuras 1 y 2. Se encontraron ligeras diferencias entre ambos sexos. La estereopsis de un sujeto podría considerarse normal (o pobre) dependiendo del valor de estereoagudeza alcanzado con un determinado test y si este es más bajo (o más alto) que un valor de referencia (estereoagudeza normal). Sin embargo, dicho valor de referencia no se conoce a priori y depende del test utilizado, del género del sujeto y, sobre todo, del porcentaje de población con estereopsis normal (desde ahora, población normal). Por ejemplo, si se asume que la población normal es el 75%, el 85% o el 95% (es decir, el 75%, el 85% o el 95% de las personas tienen estereopsis normal), entonces la estereoagudeza considerada normal tendría los valores mostrados en la Tabla I. Estos valores son obtenidos a partir del porcentaje acumulado encontrado para cada test, de forma que la población normal tenga una estereoagudeza igual o inferior a dicho valor. Evidentemente, la estereoagudeza normal habrá sido establecida para nuestra muestra de

población, la cual puede ser considerada como lo bastante amplia para que los resultados sean fiables dentro de la precisión proporcionada por los distintos test de estereopsis. Como es lógico, está claro que si la población normal crece, el valor de estereoagudeza normal es más alto.

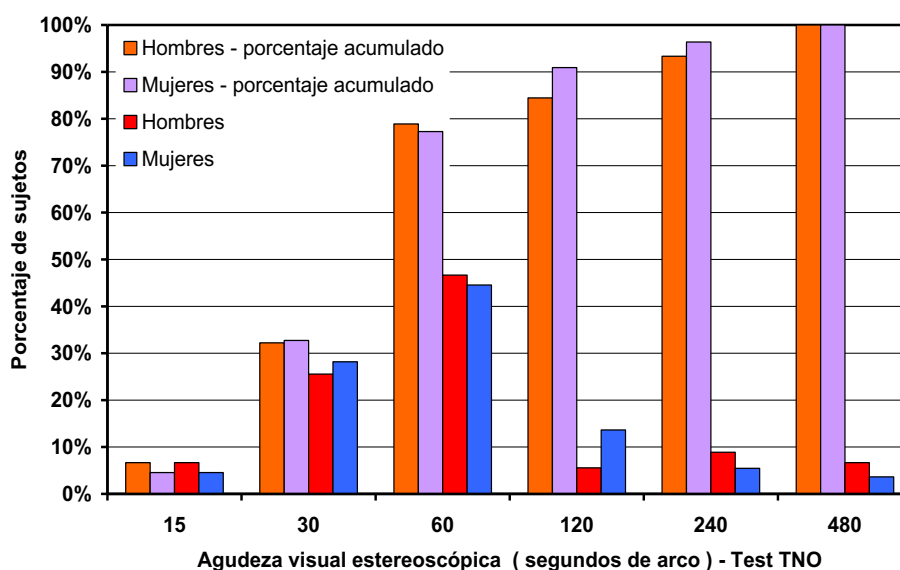


Figura 2. Distribución estadística y acumulativa de los valores de agudeza visual estereoscópica obtenida con el test TNO en función del sexo.

Aunque en algunos casos los valores de estereoagudeza difieren excesivamente entre hombres y mujeres, estas diferencias no son en realidad tan elevadas. Para comparar adecuadamente los valores es necesario tener en cuenta que los test proporcionan valores discretos. Por ejemplo, en el test Titmus, podemos obtener 80", 100", 140", etc, pero no valores intermedios entre estos. Así, se puede apreciar que la diferencia máxima entre hombres y mujeres es de dos "líneas" de estereoagudeza con el test Titmus al asumir como normal al 85% de la población y con el test Randot al asumir como normal al 95% de la población. En todos los demás casos los valores de normalidad son iguales para ambos sexos o difieren en una "línea", siendo mejor en mujeres que en hombres.

TABLA I

Estereoagudeza normal para hombres y mujeres para los cuatro test asumiendo que la población normal sea el 75%, el 85% o el 95%.

	75%		85%		95%	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
TITMUS	60 "	50 "	140 "	80 "	400 "	200 "
RANDOT	50 "	50 "	70 "	70 "	200 "	100 "
TNO	60 "	60 "	120 "	120 "	240 "	240 "
FRISBY	30 "	20 "	40 "	30 "	85 "	85 "

Para evaluar cada test debemos establecer sus tasas de falsos positivos (el sujeto pasa el test pero tiene estereopsis pobre) y de falsos negativos (el sujeto falla el test pero tiene una estereopsis normal) y resulta imprescindible conocer si el sujeto posee realmente una estereopsis correcta, lo cual no lo podemos saber

a priori. Desde luego, una vez establecido el valor de estereogudeza normal sólo podemos conocer si un sujeto supera o no un determinado test de estereopsis, pero no podemos inferir de forma concluyente la calidad de la estereopsis del sujeto. Sin embargo, teniendo en cuenta la estereogudeza obtenida con los cuatro test, es posible determinar qué personas tienen estereopsis normal, aunque el resultado dependerá de la población normal asumida. En particular, si un sujeto falla dos o más test, entonces la estereopsis podría considerarse pobre y las tasas de falsos positivos y falsos negativos ya podrían ser determinadas.

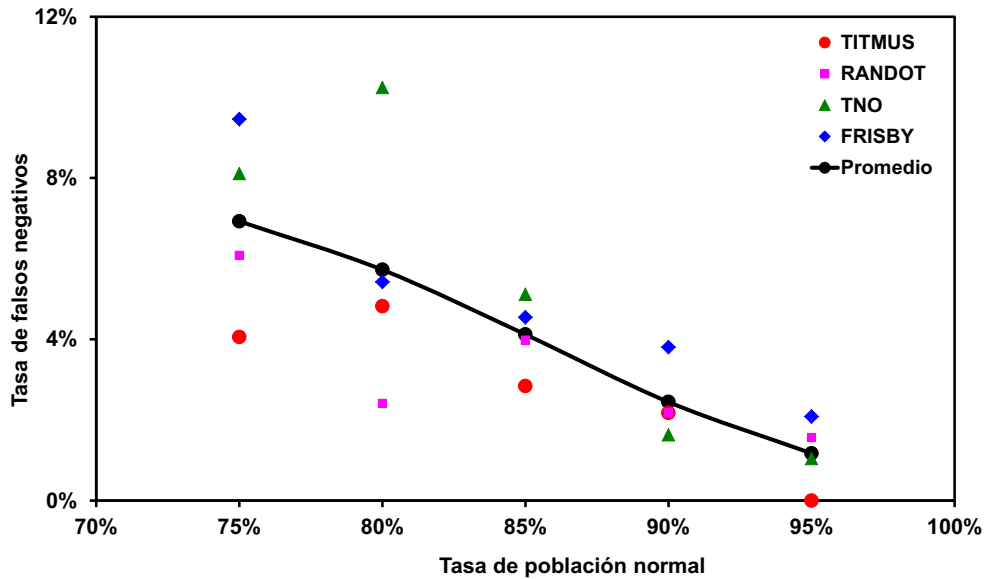


Figura 3. Tasa de falsos negativos para los cuatro test en función de la población normal asumida.

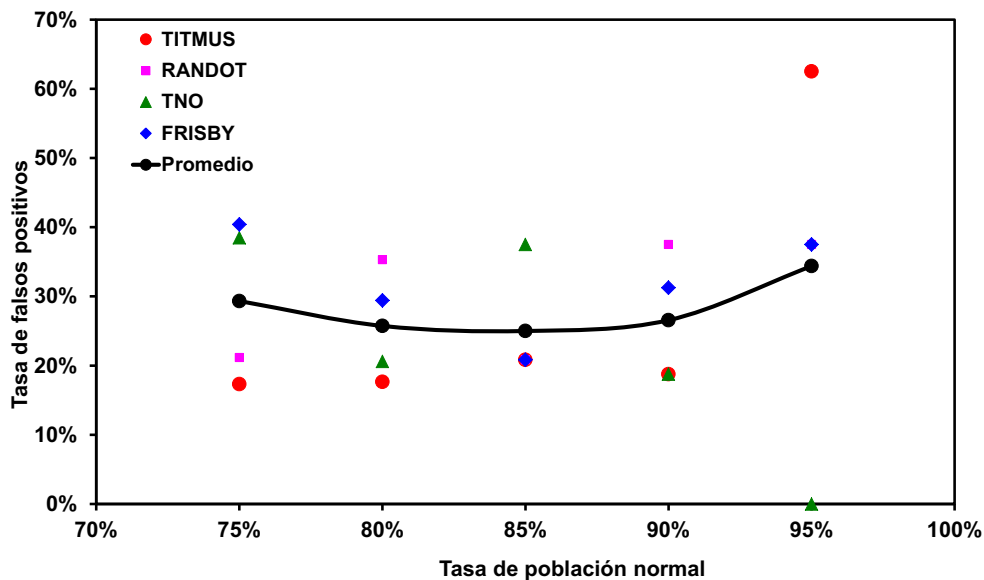


Figura 4. Tasa de falsos positivos para los cuatro test en función de la tasa de población normal asumida.

En las Figuras 3 y 4 se muestra, respectivamente, la tasa de falsos negativos y de falsos positivos en función de la población normal considerada. Promediando los valores de los cuatro test, la tasa de falsos negativos decrece conforme aumenta la población normal, como era previsible (de hecho, si la población normal fuera el 100%, entonces la tasa de falsos positivos debería ser 0 para todos los test). Sin embargo, la tasa de falsos positivos tiene un valor mínimo y este hecho resulta decisivo para establecer que la

población normal, concretamente en nuestro estudio, debería estar alrededor del 85%. Es necesario recalcar que los valores de la Tabla I (distinguiendo entre hombres y mujeres) han sido asumidos como estereoagudezas normales. Para finalizar, el número de fallos para hombres y mujeres con los cuatro test se muestra en la Tabla II. Globalmente hay 24 personas (12%) con estereopsis pobre, 11 hombres (12%) y 13 mujeres (12%) y se han obtenido tasas de fallo menores del 10% en todos los test.

TABLA II
Número de fallos en hombres y mujeres para todos los test.

	Fallos			Falsos positivos			Falsos negativos		
	Hombres	Mujeres	Personas	Hombres	Mujeres	Personas	Hombres	Mujeres	Personas
TITMUS	5 (6%)	5 (5%)	10 (5%)	3 (27%)	2 (15%)	5 (21%)	2 (3%)	3 (3%)	5 (3%)
RANDOT	5 (6%)	7 (6%)	12 (6%)	2 (18%)	3 (23%)	5 (21%)	3 (4%)	4 (4%)	7 (4%)
TNO	9 (10%)	9 (8%)	18 (9%)	3 (27%)	6 (46%)	9 (38%)	6 (8%)	3 (3%)	9 (5%)
FRISBY	7 (8%)	6 (5%)	13 (7%)	3 (27%)	2 (15%)	5 (21%)	4 (5%)	4 (4%)	8 (5%)

3. Conclusiones

Los valores de estereoagudeza normal han sido establecidos para cuatro test de estereopsis (Titmus, Randot, TNO y Frisby) de uso habitual empleando una muestra de población suficientemente amplia. Estos valores varían con el tipo de test y con el género del sujeto y, además, dependen del valor de población normal asumido. Una limitación de este estudio radica en el hecho de que estos valores podrían verse ligeramente modificados debido a la presencia de defectos refractivos no compensados portando la corrección habitual.

Como los resultados muestran, no hay un test superior a los restantes y su fiabilidad depende de la tasa de fallos (entre el 5% y el 10%), lo que incluye tanto falsos positivos, como falsos negativos.

No se han encontrado diferencias significativas entre falsos positivos y falsos negativos, aunque la tasa de falsos positivos es mucho mayor debido al bajo número de personas con estereopsis baja.

Teniendo en cuenta las tasas de falsos positivos y de falsos negativos encontradas, resultaría conveniente realizar al menos dos test diferentes a cada sujeto para eliminar prácticamente la posibilidad de error. A cambio, encontraremos resultados contradictorios entre ambos test para un porcentaje de la población en torno al 10%, el cual puede disminuirse considerablemente interpretando de forma flexible los valores de estereoagudeza normal establecidos para cada test.